

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2005-197772**

(43)Date of publication of application : **21.07.2005**

(51)Int.Cl. **H01Q 3/26**

**G01S 3/46**

**H04B 7/08**

**H04B 7/10**

(21)Application number : **2003-434880**

(71)Applicant : **TOSHIBA CORP**

(22)Date of filing : **26.12.2003**

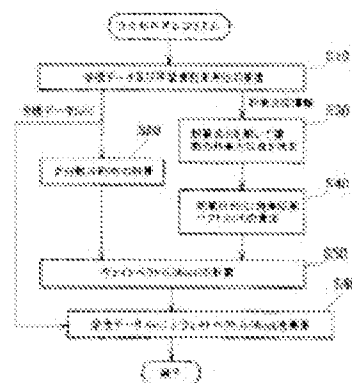
(72)Inventor : **IKEDA HIRONORI**

## (54) ADAPTIVE ARRAY ANTENNA DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an adaptive array antenna device capable of setting a beam width for the arriving azimuth of a desired wave formed in restraining a plurality of points in an optimum state, even if the frequency of the desired wave becomes a high frequency.

**SOLUTION:** In step S10, reception data  $X_k(t)$  and the arriving azimuth of the desired wave are received from Hilbert transformation sections 17-1 to 17-8 and an azimuth measuring processing section 19, and in step S20, a covariance matrix  $R$  is calculated by the reception data  $X_k(t)$ . In step S30, a plurality of constraint azimuth points are determined using the above formula (1) from the arriving azimuth information. In step S40, a restraint matrix  $C$  and a restraint response vector  $H$  are calculated. In step S50, a weight vector  $W_{opt}$  is calculated on the basis of the covariance matrix  $R$ , the restraint matrix  $C$  and the restraint response vector  $H$ . In step S60, the reception data  $X_k(t)$  is multiplied by the weight vector  $W_{opt}$  to calculate the reception data of the desired wave and an undesired wave.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-197772

(P2005-197772A)

(43) 公開日 平成17年7月21日(2005.7.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 Q 3/26

H 0 1 Q 3/26

C

5 J 0 2 1

G 0 1 S 3/46

G 0 1 S 3/46

5 K 0 5 9

H 0 4 B 7/08

H 0 4 B 7/08

D

H 0 4 B 7/10

H 0 4 B 7/10

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2003-434880 (P2003-434880)

(22) 出願日

平成15年12月26日 (2003.12.26)

(71) 出願人

000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人

100083806

弁理士 三好 秀和

(74) 代理人

100100712

弁理士 岩▲崎▼ 幸邦

(74) 代理人

100100929

弁理士 川又 澄雄

(74) 代理人

100108707

弁理士 中村 友之

(74) 代理人

100095500

弁理士 伊藤 正和

(74) 代理人

100101247

弁理士 高橋 俊一

最終頁に続く

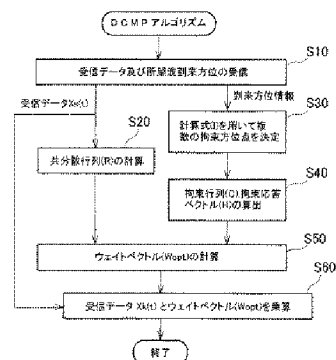
(54) 【発明の名称】 アダプティブアレイアンテナ装置

(57) 【要約】

【課題】 所望波の周波数が高周波数になった場合でも、複数点拘束時に形成される所望波の到来方位に対するビーム幅を最適な状態に設定することができるアダプティブアレイアンテナ装置を提供することにある。

【解決手段】 ステップS10で、ヒルベルト変換部17-1～17-8および方位測定処理部19から受信データ $X_k(t)$ および所望波の到来方位を受信し、ステップS20では、受信データ $X_k(t)$ により共分散行列Rを計算する。ステップS30では、到来方位情報により上述した計算式(1)を用いて複数の拘束方位点を決定する。ステップS40では、拘束行列C、拘束応答ベクトルHを算出する。ステップS50では、共分散行列Rと拘束行列Cおよび拘束応答ベクトルHに基づいてウエイトベクトル $W_{opt}$ を計算する。ステップS60では、受信データ $X_k(t)$ とウエイトベクトル $W_{opt}$ を乗算して所望波および不要波の受信データを算出する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

複数の素子を等間隔に配置して所定の開口長を有するアレイアンテナと、  
アレイアンテナの各素子から出力された入力信号を受信して中間周波数に変換する複数の受信部と、

各受信部からの受信信号を量子化して受信データに変換する複数のアナログ／デジタル変換部と、

各アナログ／デジタル変換部から出力された受信データを $0^{\circ}$ と $90^{\circ}$ の位相差を有する複素データに直交変換する複数のヒルベルト変換部と、

各ヒルベルト変換部により直交変換された複数の受信データから方位測定処理に従って所望波の到来方位を測定する方位測定処理部と、

方位測定処理部からの所望波の到来方位に基づいて、前記ヒルベルト変換部から出力された複数の受信データから所望波受信データを抽出し、所望波受信データの周波数、前記アレイアンテナの開口長、前記所望波に対する拘束方位点数に基づいて、前記所望波に対して最適なビーム位相幅を設定するとともに、不要波に対して抑圧処理を行う不要波抑圧処理部と、

を備えたことを特徴とするアダプティブアレイアンテナ装置。

## 【請求項2】

前記不要波抑圧処理部は、

受信データおよび所望波の到来方位を入力する手段と、

受信データから共分散行列を計算する手段と、

所望波の到来方位に基づいて所望波受信データを抽出し、所望波受信データの周波数、前記アレイアンテナの開口長、前記所望波に対する拘束方位点数により所定の計算式を用いて複数の拘束方位点を決定する手段と、

拘束行列および拘束応答ベクトルを算出する手段と、

共分散行列と拘束行列および拘束応答ベクトルからウエイトベクトルを計算する手段と

、  
受信データとウエイトベクトルを乗算して所望波および不要波の受信データを算出する手段と、

を備えたことを特徴とする請求項1記載のアダプティブアレイアンテナ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、受信状態が悪化した場合でも方位測定時に生じる誤差の影響に関係なく、不要波を抑圧して所望波のみを受信するためのアダプティブアレイアンテナ装置を提供する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、アダプティブアレイアンテナ装置は、所望波の到来方位を拘束方位として設定することにより、所望波だけを受信し、それ以外の不要波を抑圧することを可能にするアルゴリズムであり、この一例として、特許文献1に記載された「アダプティブアレイアンテナ装置」が報告されている。

## 【0003】

従来の技術にあっては、拘束方位点の間隔を固定するように構成されていた。

## 【0004】

図8(a)、(b)、(c)は、所望の到来波の周波数が10、20、30MHzの場合に、到来波の方位(90deg)を2.5deg毎に3点で拘束する一方、不要波の方位(180deg)を抑圧するように処理したことを示すビームパターン(電力-方位グラフ)である。

## 【0005】

図8(a)、(b)に示すように、所望の到来波の周波数が10、20MHzの場合、ビームパターンが安定しており、到来波の方位(90deg)を2.5deg毎に3点で容易に拘束することができる。

【特許文献1】特開平8-274530号公報

## 【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、図8(c)に示すように、所望の到来波の周波数が30MHzの場合、到来波の方位(90deg)を2.5deg毎に3点で拘束すると、ビームパターンに数dB程度の凹凸形状が発生していた。すなわち、所望波が高周波数になるほど、各拘束点に対するビーム幅が細くなるため、ビームパターンに凹凸形状が発生していた。

## 【0007】

さらに、受信状態が悪化することによる方位測定誤差の影響により、高周波数になるほど、ビームパターンに生じた凹形状の部分が所望波を抑圧してしまうといった問題があった。

## 【0008】

そこで、所望波の周波数が高周波数になった場合でも、複数点拘束時に形成される所望波の到来方位に対するビーム幅を最適な状態に設定することができるアダプティブアレイアンテナ装置の提供が切望されていた。

## 【0009】

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的としては、所望波の周波数が高周波数になった場合でも、複数点拘束時に形成される所望波の到来方位に対するビーム幅を最適な状態に設定することができるアダプティブアレイアンテナ装置を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

請求項1記載の発明は、上記課題を解決するため、複数の素子を等間隔に配置して所定の開口長を有するアレイアンテナと、アレイアンテナの各素子から出力された入力信号を受信して中間周波数に変換する複数の受信部と、各受信部からの受信信号を量子化して受信データに変換する複数のアナログ／デジタル変換部と、各アナログ／デジタル変換部から出力された受信データを0°と90°の位相差を有する複素データに直交変換する複数のヒルベルト変換部と、各ヒルベルト変換部により直交変換された複数の受信データから方位測定処理に従って所望波の到来方位を測定する方位測定処理部と、方位測定処理部からの所望波の到来方位に基づいて、前記ヒルベルト変換部から出力された複数の受信データから所望波受信データを抽出し、所望波受信データの周波数、前記アレイアンテナの開口長、前記所望波に対する拘束方位点数に基づいて、前記所望波に対して最適なビーム位相幅を設定するとともに、不要波に対して抑圧処理を行う不要波抑圧処理部と、を備えたことを要旨とする。

## 【0011】

請求項2記載の発明は、上記課題を解決するため、前記不要波抑圧処理部は、受信データおよび所望波の到来方位を入力する手段と、受信データから共分散行列を計算する手段と、所望波の到来方位に基づいて所望波受信データを抽出し、所望波受信データの周波数、前記アレイアンテナの開口長、前記所望波に対する拘束方位点数により所定の計算式を用いて複数の拘束方位点を決定する手段と、拘束行列および拘束応答ベクトルを算出する手段と、共分散行列と拘束行列および拘束応答ベクトルからウエイトベクトルを計算する手段と、受信データとウエイトベクトルを乗算して所望波および不要波の受信データを算出する手段と、を備えたことを要旨とする。

## 【発明の効果】

## 【0012】

請求項1記載の本発明によれば、複数の素子を等間隔に配置して所定の開口長を有するアレイアンテナの各素子から出力された入力信号を受信して中間周波数に変換し、この受信信号を量子化して受信データに変換し、この受信データを $0^\circ$ と $90^\circ$ の位相差を有する複素データに直交変換し、直交変換された複数の受信データから方位測定処理に従って所望波の到来方位を測定し、この所望波の到来方位に基づいて、複数の受信データから所望波受信データを抽出し、所望波受信データの周波数、アレイアンテナの開口長、所望波に対する拘束方位点数に基づいて、所望波に対して最適なビーム位相幅を設定するとともに、不要波に対して抑圧処理を行うことで、所望波の周波数が高周波数になった場合でも、複数の点拘束時に形成される所望波の到来方位に対するビーム幅を最適な状態に設定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明を実施するための最良の形態（以下、実施の形態とする）について図面を参照して説明する。

【0014】

〔原理説明〕

図1、図2を参照して、本発明に係る最良の形態について原理的に説明する。

【0015】

なお、図1はK素子を有するアダプティブアレイアンテナ装置の特徴部分を示す模式図であり、演算処理部1は後述するDCMPアルゴリズムを用いて所望波を受信するためのビーム幅の最適化処理を行う。また、図2はK素子のアレイアンテナを任意形状に素子配置した場合の模式図である。

【0016】

このアルゴリズムは、アレイアンテナを用いた信号処理技術の一つである方位拘束付出力電力最小化法（Directional Constrained Minimization of Power、以下DCMPアルゴリズムと呼ぶ）において、所望波の到来方位に対し、複数のNの拘束方位点を設定することにより、受信状態の悪さによる方位測定誤差の影響に関係なく、所望波を受信するためのアルゴリズムである。特に、DCMPアルゴリズムにおいて、所望波の到来方位に対して、複数のNの拘束方位を設定し、さらにその拘束方位点の間隔をアレイアンテナの開口長D及び所望波の周波数Fにより決定される式（1）を用いることによって、信号周波数に関係なく最適なビーム幅を設定することを可能とする。

【数1】

$$\text{拘束方位点間隔}[\text{deg}] = \alpha \times \left\{ \frac{180 \times c}{\pi D \times F \times (N - 1)} \right\} \quad \dots (A)$$

但し、D：アレイアンテナ開口長、 F：所望波周波数、 N：拘束方位数  
c：光速、  $\alpha$ ：定数

【0017】

次に、拘束条件と最適ウエイトについて説明する。

【0018】

図1を参照して、方向拘束処理が付加された出力電力最小化法（DCMP：Directionally Constrained Minimization of Power）について説明する。

【0019】

まず、最も簡単な方向拘束（単一方向の拘束）を例にとり、ウエイトに関する線形な拘束条件を導くこととする。この場合、アンテナはすべて等方性素子であるとする、振幅 $s_d(t)$ 、搬送波周波数 $f_d$ 、到来角 $(\theta_d, \phi_d)$ の狭帯域信号がアレイアンテナに入射

したとき、アレー出力信号 $y_d(t)$ は次のように表される。

【数2】

$$y_d(t) = \sum_{k=1}^K w_k^* s_d(t) \exp\{j \Psi_k(\theta_d, \phi_d, f_d)\}$$

【0020】

ここで、 $\Psi_k(\theta_d, \phi_d, f_d)$ は $k$ 番目のアンテナ素子における信号の位相を表しており、図2に示すように、素子の位置ベクトルが $r_k$  ( $k=1, \dots, K$ )で与えられるとき、座標原点を位相基準点として位相 $\Psi_k(\theta_d, \phi_d, f_d)$ は、次式で表される。

【数3】

$$\Psi_k(\theta_d, \phi_d, f_d) = 2\pi \frac{f_d}{c} r_k^T L(\theta_d, \phi_d)$$

$$L(\theta_d, \phi_d) \triangleq [\sin\theta_d \cos\phi_d, \sin\theta_d \sin\phi_d, \cos\theta_d]^T$$

【0021】

この信号に対するアレーアンテナ毎の出力が、

【数4】

$$y_d(t) = A s_d(t) \exp(j\xi) \quad (A, \xi: \text{定数})$$

【0022】

となるように拘束すると、次の関係式を得る。

【数5】

$$\sum_{k=1}^K w_k^* \exp\{j \Psi_k(\theta_d, \phi_d, f_d)\} = A \exp(j\xi) \quad (5)$$

【0023】

これを行列（ベクトル）を用いて表すと、

【数6】

$$C^T W^* = H \quad (6-1)$$

$$C \triangleq [\exp\{j \Psi_1(\theta_d, \phi_d, f_d)\}, \dots, \exp\{j \Psi_K(\theta_d, \phi_d, f_d)\}]^T \quad (6-2)$$

$$H \triangleq A \exp(j\xi) \quad (6-3)$$

【0024】

となる。ベクトル $C$ はこの到来信号の方向ベクトル（アレー伝搬ベクトル）に等しい。他の到来方向や周波数に対しても同様の拘束条件を設けることができるので、ウェイトに関する拘束条件式は一般に、

【数7】

$$C_n^T W^* = H_n \quad (n = 1, 2, \dots, N) \quad (7-1)$$

$$C_n \triangleq [\exp\{j\Psi_1(\theta_{dn}, \phi_{dn}, f_{dn})\}, \dots, \exp\{j\Psi_K(\theta_{dn}, \phi_{dn}, f_{dn})\}]^T \quad (7-2)$$

$$H_n \triangleq A_n \exp(j\xi_n) \quad (A_n, \xi_n: \text{定数}) \quad (7-3)$$

【0025】

と複数個おくことができる。

【0026】

ただし、Nは拘束数であり、 $f_{dn}$ 、 $(\theta_{dn}, \phi_{dn})$ はそれぞれ拘束周波数、拘束到来角（拘束方向）と呼ばれる。また、 $C_n$  ( $n=1, \dots, N$ )は拘束ベクトル、 $H_n$  ( $n=1, \dots, N$ )は $C_n$ に対する拘束応答値と呼ばれる。さらに式(7-1)を行列表現によりまとめて表すと次式を得る。

【数8】

$$C^T W^* = H \quad (8-1)$$

$$C = [C_1, C_2, \dots, C_N] \quad (8-2)$$

$$H = [H_1, H_2, \dots, H_N]^T \quad (8-3)$$

【0027】

ここに、Cは拘束行列、Hは拘束応答ベクトルと呼ばれる。

【0028】

不要波成分を抑圧するには、アレーアンテナの出力電力を最小化することが直接的な方法である。

【0029】

しかしながら、単に出力電力を最小化すると所望波成分も抑圧され、本来の目的が達成できなくなる。DCMPアルゴリズムの基本原理は、式(8-1)で表されるウエイトに関する拘束条件の下で出力電力を最小化することである。これにより、拘束条件で保護された所望波成分はそのまま、その他の成分（干渉波、内部雑音）が出力電力最小化により抑圧され、その結果として高い出力SINRが得られるものである。

【0030】

ただし、拘束条件を設定するためには、搬送波周波数は所望波が到来する方向が既知でなくてはならない。したがって、MSNアダプティブアレーと同じ予備知識が必要となる。

【0031】

さて、上記の基本原理を定式化すると次のように表される。

【数9】

$$\min_W \left( P_{\text{out}} = \frac{1}{2} W^H R_{xx} W \right)$$

subject to  $C^T W^* = H$  (9)

【0032】

上記のような条件付最小化問題はLagrangeの未定係数法を用いて解くことができる。そこで、この方法に基づいて最小化すべき評価関数を次のように定義する。

【数10】

$$\begin{aligned} Q(W) &= \frac{1}{2} W^H R_{xx} W + \text{Re} [\Lambda^T (C^T W^* - H)] \\ &= \frac{1}{2} W^H R_{xx} W + \frac{1}{2} \Lambda^T (C^T W^* - H) \\ &\quad - \frac{1}{2} \Lambda^H (C^H W - H^*) \end{aligned} \quad (10)$$

【0033】

ここに、 $\Lambda$ はN個の未定係数から成る列ベクトルである。式(9)はウエイトに関して二次形式(エルミート形式)であり、 $R_{xx}$ が正定値行列であるのでMMSEアダプティブアレーの評価関数と同様、唯一最小値が存在する。従って、ウエイトWに関するQ(W)の勾配をとり、これを零に等しいとおくことによって最適ウエイトを得ることができる。すなわち、

【数11】

$$\nabla_W Q(W) = R_{xx} W + C \Lambda = 0 \quad (11)$$

【0034】

となる。

【0035】

こうして、最適ウエイト $W_{\text{opt}}$ は次のように記述できる。

【数12】

$$W_{\text{opt}} = -R_{xx}^{-1} C \Lambda \quad (12)$$

【0036】

$\Lambda$ を決定するために式(12)を条件式(8-1)の複素共役式に代入すると、次式を得る。

【数13】

$$C^H W_{\text{opt}} = -C^H R_{xx}^{-1} C \Lambda = H^* \quad (13)$$



【0037】

上式を $\Lambda$ に関して解くと次式を得る。

【数14】

$$\Lambda = - (C^H R_{xx}^{-1} C)^{-1} H^* \quad (14)$$

【0038】

ここで、 $(C^H R_{xx}^{-1} C)^{-1}$ の存在は、 $R_{xx}$ が正定値行列、 $C$ がフルランク ( $C_1, C_2, \dots, C_N$ が線形独立)であることから容易に証明することができる。

【0039】

結局、式(14)を式(12)に代入することによって最適ウェイトが次のような形で得られる。

【数15】

$$W_{opt} = R_{xx}^{-1} C (C^H R_{xx}^{-1} C)^{-1} H^* \quad (15)$$

【0040】

特に、 $N-1$ の単一方向拘束(単拘束)の場合は

【数16】

$$C \triangleq C_1, \quad H \triangleq H_1 \quad (16)$$

【0041】

とにおいて、式(15)は、

【数17】

$$W_{opt} = \gamma R_{xx}^{-1} C, \quad \gamma \triangleq \frac{H^*}{C^H R_{xx}^{-1} C} \quad (17)$$

【0042】

となる。

【0043】

また、最適時の出力電力 $P_{min}$ は、

【数18】

$$P_{min} = \frac{1}{2} W_{opt}^H R_{xx} W_{opt} \quad (18)$$

$$= \frac{1}{2} H^T (C^H R_{xx}^{-1} C)^{-1} H^* \quad (19)$$

【0044】

となる。

【0045】

[最良の実施形態]

図3は、本発明に係る最良の実施形態を示すアダプティブアレイアンテナ装置10の基本構成を示す図である。

【0046】

アレイアンテナ11は、例えば各素子がバーチカルアンテナや垂直ダイポールアンテナからなり、個々の素子#1～#8が設けられており、受信部13-1～13-8にそれぞれの入力信号が出力される。なお、アレイアンテナの開口長Dは、例えば図3に示すように、アレイアンテナの各素子が等間隔に円周上に配置されている場合、素子#1と#5とがなす距離を開口長Dという。

【0047】

アレイアンテナ11の素子#1～#8から出力された入力信号は受信部13において中間周波数に変換され、それぞれの受信信号がA/D変換部15-1～15-8にそれぞれ入力される。

【0048】

A/D変換部15-1～15-8は、それぞれのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/Dコンバータを有しており、A/D変換された受信データがヒルベルト変換部17-1～17-8に出力される。ヒルベルト変換部17-1～17-8では、A/D変換部15-1～15-8から出力された受信データを $0^\circ$ （同相成分）と $90^\circ$ （直交成分）の位相差を有する複素データに直交変換する。方位測定処理部19は、ヒルベルト変換部17-1～17-8により直交変換された複数の受信データから方位測定処理に従って所望波の到来方位を測定して出力する。

【0049】

不要波抑圧処理部21は、方位測定処理部19からの所望波の到来方位に基づいて、ヒルベルト変換部17-1～17-8から出力された複数の受信データから所望波受信データを抽出して出力する。この際、不要波抑圧処理部21は、計算式(1)より算出した間隔でN個の拘束方位点を決定し、上述したDCMPアルゴリズムに従って受信データから所望波受信データを抽出して出力する。

【0050】

なお、不要波抑圧処理部21には、例えばROM、RAM、CPUが設けられており、ROMに記憶されているDCMPアルゴリズムを表す演算プログラムに従ってCPUが演算処理を実行して各ステップにおける処理を行いその結果がRAMに一時記憶される。

【0051】

次に、図3に示す受信システム10の基本的な動作について説明する。

【0052】

図3に示すように、例えば不要波A、Bと所望波Cがそれぞれアレイアンテナ11に到来していることとする。アレイアンテナ11の個々の素子#1～#8から出力される入力信号には、不要波A、Bと所望波Cがそれぞれ混在して受信部13-1～13-8にそれぞれ出力される。

【0053】

アレイアンテナ11の素子#1～#8から出力された入力信号は、同軸ケーブルを介して受信部13に入力され、ここで例えば10.7MHzの中間周波数に変換され、それぞれの受信信号がA/D変換部15-1～15-8に入力される。

【0054】

A/D変換部15-1～15-8では、入力されたそれぞれの受信信号がデジタル信号に変換されて受信データがヒルベルト変換部17-1～17-8に出力される。

【0055】

ヒルベルト変換部17-1～17-8では、A/D変換部15-1～15-8から出力された受信データが $0^\circ$ と $90^\circ$ の位相差を有する複素データに直交変換され方位測定処理部19に出力される。

【0056】

方位測定処理部19では、ヒルベルト変換部17-1～17-8により直交変換された複数の受信データから方位測定処理に従って所望波の到来方位が測定され出力される。

【0057】

不要波抑圧処理部21では、方位測定処理部19からの所望波の到来方位に基づいて、

ヒルベルト変換部17-1~17-8から出力された複数の受信データから所望波受信データを抽出して出力される。この際、不要波抑圧処理部21は、計算式(1)より算出した間隔でN個の拘束方位点を決定し、上述したDCMPアルゴリズムに従って受信データから所望波受信データを抽出して出力する。なお、不要波抑圧処理部21は、図1に示す演算処理部1に相当する不要波抑圧処理を実行する。

【0058】

次に、図4に示すフローチャートに基づいて、不要波抑圧処理部21の動作について説明する。

【0059】

DCMPアルゴリズムでは、まず、ステップS10で、ヒルベルト変換部17-1~17-8および方位測定処理部19から受信データ $X_k(t)$ および所望波の到来方位を受信する。次いで、ステップS20では、受信データ $X_k(t)$ により共分散行列Rを計算する。

【0060】

次いで、ステップS30では、到来方位情報により上述した計算式(1)を用いて複数の拘束方位点を決定する。次いで、ステップS40では、拘束行列C、拘束応答ベクトルHを算出する。

【0061】

次いで、ステップS50では、共分散行列Rと拘束行列Cおよび拘束応答ベクトルHに基づいてウエイトベクトル $W_{opt}$ を計算する。次いで、ステップS60では、ステップS10で受信した受信データ $X_k(t)$ とウエイトベクトル $W_{opt}$ を乗算して所望波および不要波の受信データを算出する。この結果、不要波抑圧処理部21から所望波および不要波の受信データが出力される。

【0062】

[効果]

次に、図5~図7に示すビームパターンを参照して、DCMPアルゴリズムを採用した場合の効果の説明する。なお、図5~図7に示すビームパターンは、不要波抑圧処理部21から出力される所望波および不要波の受信データの電力-方位グラフを示す図である。

【0063】

従来、所望波の到来方位に対して、複数Nの拘束方位点を設定することにより、ビーム幅を広げることが可能であった。しかしながら、拘束方位点の間隔Dを周波数Fに関係なく固定に設定した場合、周波数Fによっては、図8(c)に示すように、適当なビーム幅を得ることができない場合がある。

【0064】

これに対して、DCMPアルゴリズムに加えて、本発明の計算式(1)を用いることにより、図5~図7に示すビームパターンのように、所望波の周波数Fに応じた拘束方位点の間隔を決定することができる。

【0065】

図5(a)は、所望の到来波の周波数が10MHzの場合に、到来波の方位(90deg)を1点で拘束する一方、不要波の方位(180deg)を抑圧するように処理したことを示すビームパターンである。

【0066】

一方、図5(b)は、所望の到来波の周波数が10MHzの場合に、 $\alpha=0.582$ に設定したときに、到来波の方位(90deg)を2.5deg毎に3点で拘束する一方、不要波の方位(180deg)を抑圧するように処理したことを示すビームパターンである。

【0067】

また、図6(a)は、所望の到来波の周波数が20MHzの場合に、到来波の方位(90deg)を1点で拘束する一方、不要波の方位(180deg)を抑圧するように処理

したことを示すビームパターンである。

【0068】

一方、図6(b)は、所望の到来波の周波数が20MHzの場合に、 $\alpha = 0.582$ に設定したときに、到来波の方位(90deg)を1.3deg毎に3点で拘束する一方、不要波の方位(180deg)を抑圧するように処理したことを示すビームパターンである。

【0069】

さらに、図7(a)は、所望の到来波の周波数が30MHzの場合に、到来波の方位(90deg)を1点で拘束する一方、不要波の方位(180deg)を抑圧するように処理したことを示すビームパターンである。

【0070】

一方、図7(b)は、所望の到来波の周波数が30MHzの場合に、 $\alpha = 0.582$ に設定したときに、到来波の方位(90deg)を0.8deg毎に3点で拘束する一方、不要波の方位(180deg)を抑圧するように処理したことを示すビームパターンである。

【0071】

図5(b)～図7(b)に示すように、所望の到来波の周波数が10、20、30MHzの何れの場合でも、従来のようにビームパターンに凹凸形状が発生することなく、安定しており、到来波の方位(90deg)をそれぞれの周波数Fに最適な幅で3点で容易に拘束することができる。

【0072】

さらに、受信状態が悪化することによる方位測定誤差があったとしても、所望の到来波の方位(90deg)に対応してはビームパターンに凹形状の部分が発生しないので、受信データを抑圧することがない。

【0073】

この結果、所望波の周波数が高周波数になった場合でも、複数点拘束時に形成される所望波の到来方位に対するビーム幅を最適な状態に設定することができる。

【0074】

このように、複数の素子を等間隔に配置して所定の開口長を有するアレイアンテナの各素子から出力された入力信号を受信して中間周波数に変換し、この受信信号を量子化して受信データに変換し、この受信データを0°と90°の位相差を有する複素データに直交変換し、直交変換された複数の受信データから方位測定処理に従って所望波の到来方位を測定し、この所望波の到来方位に基づいて、複数の受信データから所望波受信データを抽出し、所望波受信データの周波数、アレイアンテナの開口長、所望波に対する拘束方位点数に基づいて、所望波に対して最適なビーム位相幅を設定するとともに、不要波に対して抑圧処理を行うことで、所望波の周波数が高周波数になった場合でも、複数点拘束時に形成される所望波の到来方位に対するビーム幅を最適な状態に設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】K素子を有するアレイアンテナとシステムの特徴部分を示す模式図である。

【図2】K素子のアレイアンテナを任意形状に素子配置した場合の模式図である。

【図3】本発明に係る最良の実施形態を示すアダプティブアレイアンテナ装置の基本構成を示す図である。

【図4】不要波抑圧処理部21の動作説明をするためのフローチャートである。

【図5】(a)は、所望の到来波の周波数が10MHzの場合に到来波方位(90deg)と不要波方位(180deg)を示すビームパターンであり、(b)は、所望の到来波の周波数が10MHzの場合に到来波方位(90deg)を2.5deg毎に3点で拘束し、不要波方位(180deg)を抑圧するようにしたことを示すビームパターンである。

【図6】(a)は、所望の到来波の周波数が20MHzの場合に到来波方位(90deg

）と不要波方位（ $180\text{deg}$ ）を示すビームパターンであり、（b）は、所望の到来波の周波数が $20\text{MHz}$ の場合に到来波方位（ $90\text{deg}$ ）を $1.3\text{deg}$ 毎に3点で拘束し、不要波方位（ $180\text{deg}$ ）を抑圧するようにしたことを示すビームパターンである。

【図7】（a）は、所望の到来波の周波数が $30\text{MHz}$ の場合に到来波方位（ $90\text{deg}$ ）と不要波方位（ $180\text{deg}$ ）を示すビームパターンであり、（b）は、所望の到来波の周波数が $30\text{MHz}$ の場合に到来波方位（ $90\text{deg}$ ）を $0.8\text{deg}$ 毎に3点で拘束し、不要波方位（ $180\text{deg}$ ）を抑圧するようにしたことを示すビームパターンである。

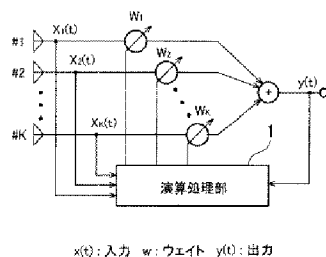
【図8】（a）、（b）、（c）は、所望の到来波の周波数が $10$ 、 $20$ 、 $30\text{MHz}$ の場合に、到来波の方位（ $90\text{deg}$ ）を $2.5\text{deg}$ 毎に3点で拘束する一方、不要波の方位（ $180\text{deg}$ ）を抑圧するように処理したことを示すビームパターンである。

【符号の説明】

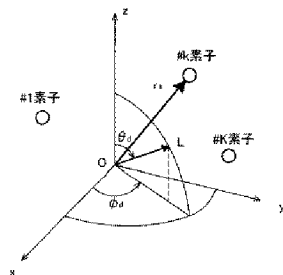
【0076】

- 1 演算処理部
- 10 アダプティブアレイアンテナ装置
- 11-1～11-8 アレイアンテナ
- 13-1～13-8 受信部
- 15-1～15-8 A/D変換部
- 17-1～17-8 ヒルベルト変換部
- 19 方位測定処理部
- 21 不要波抑圧処理部

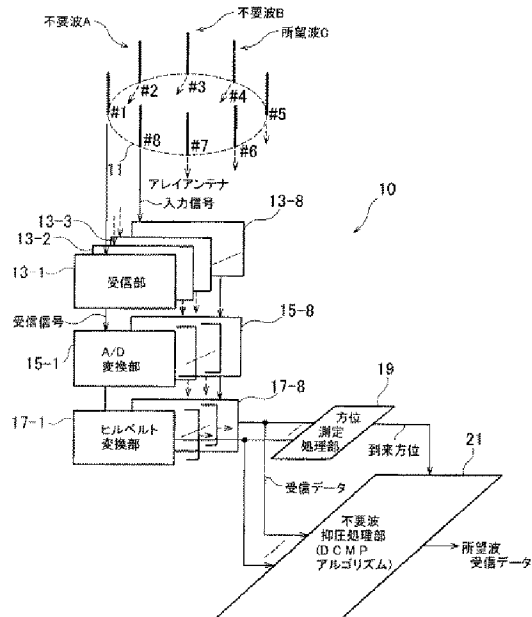
【図1】



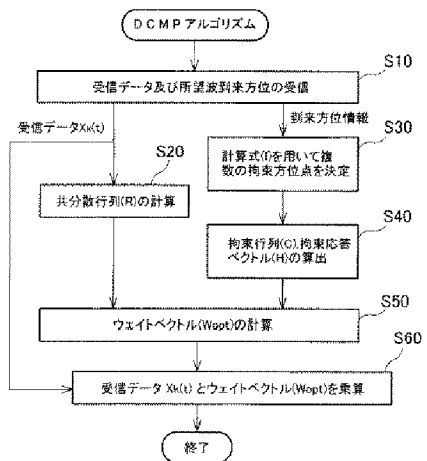
【図2】



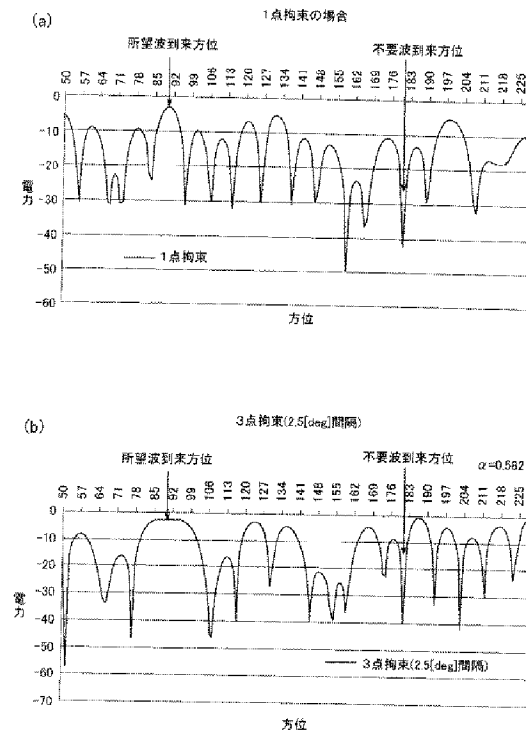
【図3】



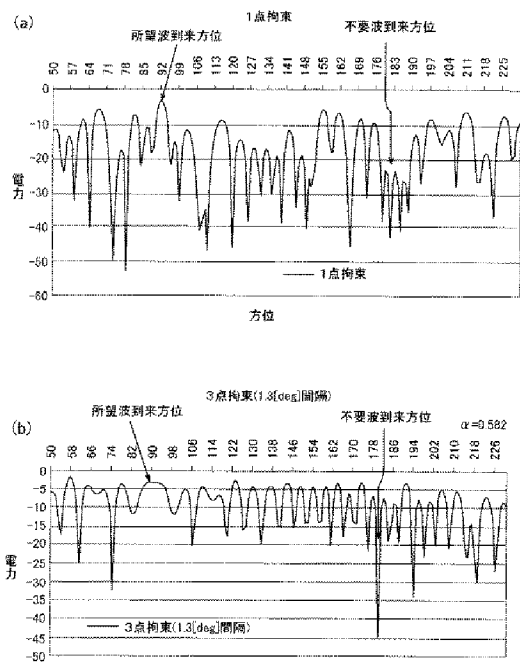
【図4】



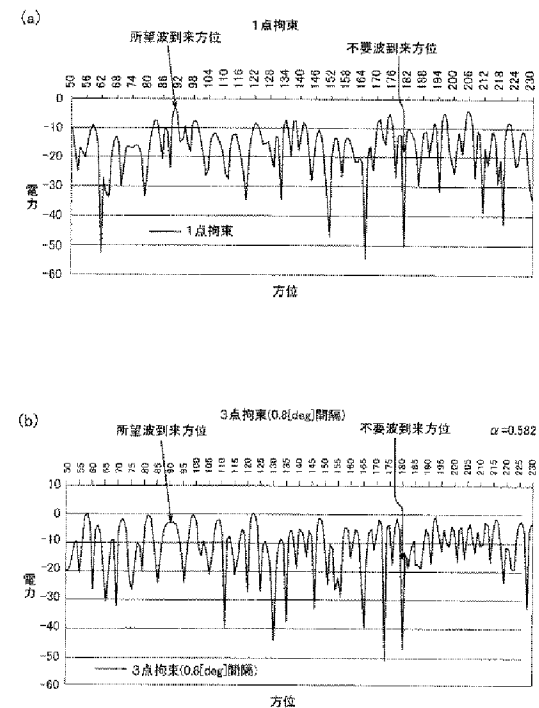
【図5】



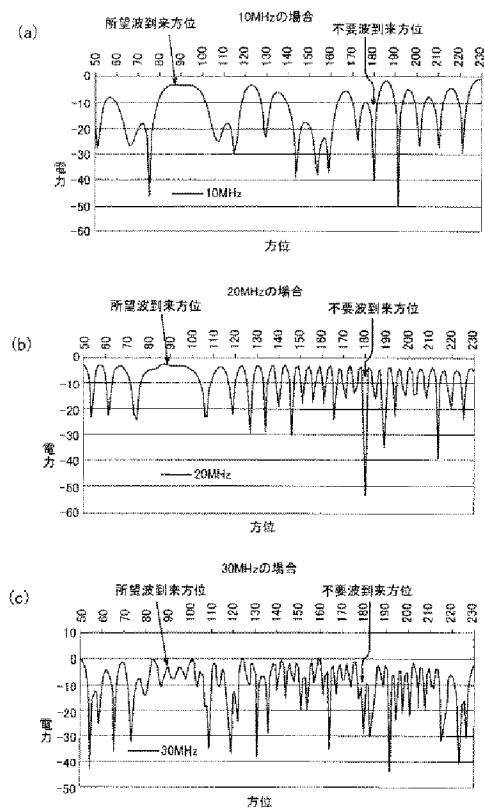
【図6】



【図7】



【図8】



(74)代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72)発明者 池田 裕則

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝小向工場内

Fターム(参考) 5J021 AA06 AA11 CA06 EA04 FA20 GA06 HA01 HA03

5K059 CC04 DD31 EE02